

グリーンランド NEEM 氷床コアのイオン濃度変動が示す完新世～最終間氷期の環境変動

東久美子^{1,2}、Anna Wegner³、Margareta Hansson⁴、平林幹啓¹、倉元隆之^{1,5}、Birthe Twarloh³、本山秀明^{1,2}

¹ 国立極地研究所 (10 ポイントイタリック)、² 総合研究大学院大学

³ Alfred Wegener Institute for Polar and Marine Research, ⁴ Stockholm University, ⁵ 信州大学

Past environmental changes back to the Eemian interglacial indicated by variations of ions in the Greenland NEEM ice core

Kumiko Goto-Azuma^{1,2}, Anna Wegner³, Margareta Hansson⁴, Motohiro Hirabayashi¹, Takayuki Kuramoto^{1,5}, Birthe Twarloh³, Hideaki Motoyama^{1,2}

¹ National Institute of Polar Research, ² The Graduate University of Advanced Studies

³ Alfred Wegener Institute for Polar and Marine Research, ⁴ Stockholm University, ⁵ Shinshu University

A 2540 m-long ice core was drilled during 2008-2012 by an international ice coring project NEEM (North Greenland Eemian Ice Drilling). Discrete samples were collected from the CFA (Continuous Flow Analysis) melt fractions during the field campaign carried out at NEEM in 2009-2011, and were distributed to different laboratories. Ionic species were analyzed at National Institute of Polar Research (Japan) and Alfred Wegener Institute for Polar and Marine Research (Germany). At NIPR, minor ions as well as major ions were analyzed. Here we discuss mainly about concentration variations of minor ions. Fluoride, oxalate, and acetate show variations associated with Dansgaard-Oeschger (DO) events, as do calcium, sodium, chloride, sulfate, sodium, potassium and magnesium. On the contrary, nitrate, ammonium, and MSA do not show large variations, as was previously reported for other deep ice cores from Greenland. During Holocene and Eemian, ammonium, acetate and formate show coherent variations. Potassium and oxalate also show coherency with these ions during part of, but not throughout, Holocene. Variations of biogenic species are complex. During mid-Eemian, ammonium, acetate and formate concentrations, which are considered to be terrestrial biogenic species, show a decrease during a short period. This suggests a mid-Eemian cold spell in North America, as well as in Europe. Calcium, sodium, chloride, sulfate, potassium and magnesium show regular relationship with Greenland temperature during Eemian, which suggest that the evident surface melting did not have a strong impact on concentrations of these ions during Eemian.

2008 年～2012 年にかけて北グリーンランド氷床深層掘削計画 (North Greenland Eemian Ice Drilling : NEEM 計画) の下で、デンマークをリーダーとして日本を含む 14 カ国の国際チームが、岩盤まで達する 2540m の氷床コアの掘削に成功した。国際研究チームにより NEEM アイスコアの様々な分析が実施されているが、国立極地研究所と Alfred Wegener Institute for Polar and Marine Research は、CFA (連続融解分析) システムによって NEEM で融解したサンプルの一部を用いて、イオン分析を共同で実施した。最終氷期において、陸域のダストを主な起源とするカルシウムイオンと海塩エアロゾルを主な起源とするナトリウムイオンの濃度は、Dansgaard-Oeschger (DO) イベントに伴って大きく変動していた。これらのイオンの濃度は温暖な亜間氷期に低く、寒冷な亜氷期に高かった。塩化物イオン、フッ化物イオン、硫酸イオン、カリウムイオン、マグネシウムイオンも同様の変動を示していた。このような変動は NEEM 以外のグリーンランド氷床コアでも報告されている。今回は、さらにシュウ酸イオン、リン酸イオン、酢酸イオンも DO イベントに伴って変動することを見いだした。これに対して陸域生物が主要な起源と考えられる硝酸イオンとアンモニウムイオン、及び海洋生物起源と考えられるメタンスルホン酸イオンは DO イベントに伴う変動がほとんど見られなかった。一方、完新世と最終間氷期には陸域生物を主たる起源とするアンモニウムイオン、ギ酸イオン、酢酸イオンの相関が高く、シュウ酸イオンとカリウムイオンもこれらのイオンと相関が高くなる時期があった。陸域生物起源のイオンは温暖期に気温と正の相関を示し、寒冷期に気温と負の相関を示すことがわかった。これは陸域生物の活動と大気循環の変動の両方に影響を受けるためであると考えられる。最終間氷期中盤に陸域生物起源のイオンの濃度が一時的に減少する時期があった。このことは、ヨーロッパと同様に北米でも最終間氷期中盤に一時的な寒冷期があったことを示唆している。一方、NEEM コアから抽出された気体の分析から、最終間氷期には NEEM で夏期に氷床表面融解が生じていたことが明らかになったが、イオン分析の結果は夏期の融解による融解水とイオンの流出が殆ど無かったことを示唆している。